

Способности на детектор за портална дозиметрия (EPID) „Amorphous silicon (Varian)“ и полупроводникова детекторна матрица „ArckCheck (SunNuclear)“, за измерване на дозно разпределение на планове за радиохирургия.

М.Sc. С.Б.Божиков,*

Лаборатория по клинична дозиметрия, Отделение по лъчетерапия,
УМБАЛ "Св. Иван Рилски София, бул. Акад.Иван Гешов 15, България.

10.октомври.2016 г

В доклада са разгледани основните характеристики на плоско паралелна детекторна матрица с Amorphous silicon и дозиметрична система ArckCheck. Измерванията на дозиметричното разпределение на дозата на плоскопаралелната детекторна матрица са анализирани с помощта на софтуер за портална дозиметрия Varian. и софтуер за обработка EPIQA. Подбрани са пациенти с назначена радио хирургия с размер на тумора от порядъка на 4cm^3 . За модулирането на дозата са използвани HD-MLC с размер на най-малкия лифт 2.5mm. Специализиран апарат за радио-хирургия Varian "TrueBeam Stx". Енергия на облъчване 6 MV FFF (без изравняващ филтър). Посочените планове са оптимизирани с мощности на дозата 800 , 1000 , 1200, 1400 MU/min. Цел на изследването е да определи способностите на разгледаните системи за определяне на ГАМА - метод за сравнение на дозно разпределение представен от Low и сътрудници – сравняване на две дозни разпределения с дефиниране на критерии за съвпадение – ΔD представлява разликата в дозата между изодозни криви и Δd разликата в разстояние между същите две. За да се покаже способността на системите за определяне на ГАМА са взети съотношения на $\Delta D/\Delta d$ съответно 3% / 3mm ; 2% / 2mm ; 3 % / 1mm ; 5% / 1mm.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

С напредването на технологията в област от медицината касаеща облъчване на тумори с малки размери в областта на главата води до повишаване на изискванията за измерване на дозата приложена в тумора. За осъществяването на тази цел се използват уреди за измерване на дозно разпределение в равнина, като 2DArray PTW . MapCheck SunNuclear , както и вгра-

дените в ускорителите силиконови матрици. В изследването са разгледани силиконова матрица за получаване на образи aS1200 Varian и полупроводникова матрица Arckcheck (SunNuclear).

1. Физични Характеристики на EPID и ArckCheck

Предимствата на (EPID) за извършване на дозиметрични измервания са големи. В последните години използването на този детектор освен за позициониране на паци-

*bozhikov.stanislav@gmail.com

ента се разшири и в областта на дозиметрията и качествения контрол на ускорителите. Заради това интересът за използване на EPID за дозиметрия в други клинични пориложения като адаптивна радиотерапия е висока. Сравнявайки обикновените методи за качествен контрол, които изискват отделна апаратура (2D детектори), EPID има потенциал да намали цената и да намали времето за извършването на QA (качествен контрол на ускорители). Varian aS1000 (PortalVision, Varian Medical Systems, Palo Alto, CA) представлява аморфен силиконов плосък детектор монтиран на роботизирано рамо. Активната площ на детектора е $40 \times 40 \text{ cm}^2$ [1], на разстояние 105 cm от източника. Матрицата е разделена на 1024×768 пиксела. Максималната скорост на запис е 9.574 кадра/секунда. При енергиен диапазон на фотоните 4-25 MV и мощност на дозата от 50-600 MU/min. Фосфоресцираща подложка. Gd₂O₂S:Tb – фосфорен екран, вещество с добри качества за флуоресценция при облъчване с йонизиращо лъчение [2]

Основни физични характеристики на ARckChck са наличието на детектори разположени на дълбочина 2.9 cm, така че да един от друг да не могат да се покриват. Активна повърхност на детектиране $21 \times 21 \text{ cm}$. Детекторите са с полярност отрицателна, с площ на детектиране $0.8 \times 0.8 \text{ mm}$ с еквивалентна дълбочина 0.5 mm. Номинална чувствителност 32 nC/Gy.

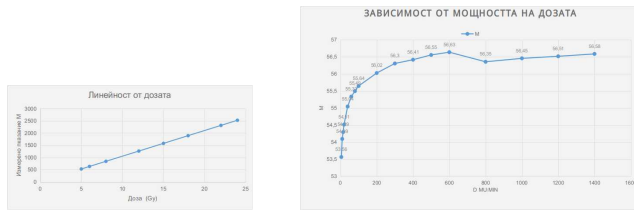
2. Дозиметрични характеристики на EPID

Дозиметричните характеристики на EPID - зависимостите от мощността на дозата, ъглова зависимост са добре изследвани. [2]. Показано е че има добра повтаряемост на измерването с грешка от порядъка на 0.5%. Както и независимост на показанието от мощността на дозата. Зависимостта от размера на полето по централната ос е от порядъка на 0.5%. За различни мощности на дозата включително и 2400 MU/min за енергия 10FFF-отклонението е по малко то 0.8% спрямо номиналната мощност на дозата. (Доза при която е извършена калибровката на ускорителя)

3. Дозиметрични характеристики на ArckCheck

В изследването сме определили зависимостите на ArckCheck както следва. (Фиг 1) Направените измервания показват че имаме добре изразена линейност на дозата измерена от детекторите както и не дотам изразена линейност спрямо мощността - в интервалите от 0 - 200 MU/min - имаме изразена не линейност от 5% за интервал от 200 - 400 MU/min е от порядъка на 1% а за 400 - 1400 MU/min е по малко от 0.3%

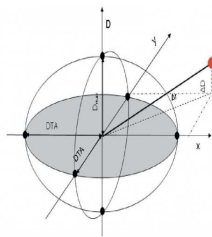
Ъглова зависимост спрямо ротация на маса. (Фиг. 2)



Фигура 1: (а) Показва линейност на дозата (б) Показва зависимостта между измерваната стойност и мощността на дозата



Фигура 2: (а) Линейност на показанията на детекторите при въртене на маса



Фигура 3: (а) Схематично представяне на алгоритма за сравняване

II. МЕТОДИ

A. Гама метод за сравняване на изодозно разпределение

$$\gamma(r_c, r_m) = \sqrt{\frac{|r_c, r_m|^2}{DTA} + \frac{|D(r_c) - D(r_m)|^2}{\Delta D}}, \quad (1)$$

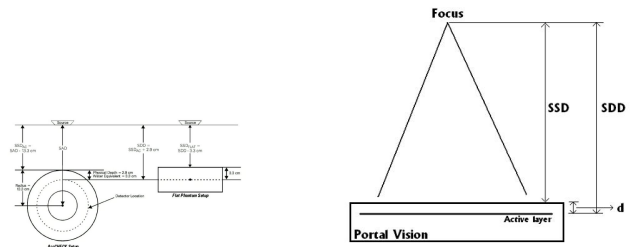
На (Фиг 3) е представена схема на метода за сравняване. Където ΔD е скалиращ фактор, $|r_c, r_m|^2$ е разстоянието между две точки за анализ,

$|D(r_c) - D(r_m)|^2$ е разликата между дозите в двете точки.[4] Критериите за оценка на съвпадението при посочени критерии за скалиращ фактор ΔD и DTA(разстояние до съгласие - показващо при какво разстояние мвжду две изодози приемаме че те не могат да бъдат разграничени) е: $\gamma < 1$ имаме съгласие с критериите - или имаме съвпадение. $\gamma > 1$ нямаме съвпадение с критериите.

Отценката за Дозиметричне план се дава с брой точки покриващи критерия за който имаме $\gamma < 1$ в %

1. Калибриране и планиране

За целта на изследването калибрирането се извършва както следва :(Фиг. 4)

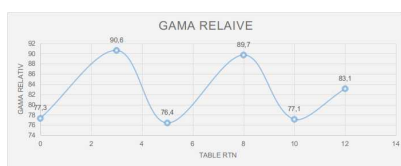


Фигура 4: (а) Постановка калибриране ArcCHECK (б) Постановка калибриране EPID

Планирането на пациент подготвен за радиохирургия с доза 24Gy е осъществено с софтуер за планиране Eclipse.Полетата са със размери от порядъка на $2.5cm^2$. След планирането е измерено дозно разпределение в равнина за всички полета включени в планът. След което резултатите получени от софтуера за обработка PDIP и EPIQA са сравнени с тези получени от изчислението на планиращата сис-

тема. Същите измервания са повторени с ArckCheck.

Основната физична разлика между EPID и ArckCheck е гъстотата на детекторите или резолюцията. За да подобрим резолюцията на ArckCheck е изследвана зависимостта на процентния брой точни преминаващи критерия за съвпадение спрямо ъгловото завъртане на фантома по ротация на масата. На фигурата (Фиг 5)

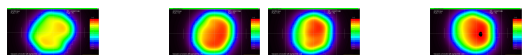


Фигура 5: (а) Зависимост на точките преминали критерия в проценти и въртене на масата .

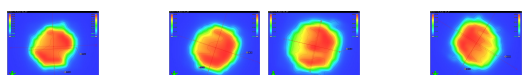
Вижда се че имам зависимост - ъгли при който имаме покриване на критериите в случая те са $DTA = 1 \text{ mm}$ и $\Delta D = 3 \%$.

III. РЕЗУЛТАТИ

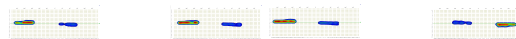
Представяне на плановите измерени със EPID и анализирани Точки на преминаване в проценти - с PDIP, EPIQA ,ArcCheck.



Фигура 6: (а) EPIQA - първите четири полета обработени с софтуера



Фигура 7: (а) PDIP - първите четири полета обработени с софтуера



Фигура 8: (а) PDIP - първите четири полета обработени с софтуера

Направени са сравнения на Точките покриващи критерии в проценти съответно за $3\% / 3\text{mm}$; $2\% / 2\text{mm}$; $3\% / 1\text{mm}$; $5\% / 1\text{mm}$. (Фиг. 6), (Фиг 7), (Фиг 8) показват 2D дозно разпределение съответно получено с съответния софтуер за анализ.

Г	3%3mm	2%2mm	3%1mm	5%1mm
F1	100	98.9	99.6	100
F2	100	99.9	99.9	100
F3	99.7	99.4	99.1	99.8
F4	100	99.8	99.7	99.9
F5	100	99.9	99.7	99.9
F6	100	99.8	99.9	100
F7	100	99.7	99.4	99.8

Таблица I: ССтоности на Точките преминали съответните критерии за Гама в проценти получени от анализа със софтуера вграден в планиращата система за абсолютна стойност на дозата ECLIPS. PDIP

Измерванията са направени при избор на ротация на масата за ArckCheck фантом 3 градуса -изборът следва от (Фиг 5).

IV. ОБОБЩЕНИЕ

Критерия, който е най близко до желанието ни да получим добра информация за разпределението на дозата е $DTA = 1 \text{ mm}$ $\Delta D = 3\%$. Този критерии е подходящ за пациенти подлежащи за радио хирургия с високи дози на аплициране поради

Г	3%3mm	2%2mm	3%1mm	5%1mm
F1	100	98.9	99.6	100
F2	100	99.9	99.9	100
F3	99.7	99.4	99.1	99.8
F4	100	99.8	99.7	99.9
F5	100	99.9	99.7	99.9
F6	100	99.8	99.9	100
F7	100	99.7	99.4	99.8

Таблица II: ССтоности на Точикте преминали съответните критерии за Gama в проценти получени от анализа със софтуера вграден в планиращата система За Абсолютна стойност на дозата ECLIPS. EPIQA

Г	3%3mm	2%2mm	3%1mm	5%1mm
F1	92.2	75.3	68.8	93.5
F2	92.5	68.8	70.0	92.5
F3	91.7	78.6	77.4	88.1
F4	96.3	91.4	82.7	90.1
F5	92.4	86.8	89.7	98.5
F6	88.3	81.8	85.7	96.1
F7	93.3	86.7	89.3	93.3

Таблица III: ССтоности на Точикте преминали съответните критерии за Gama в проценти получени от анализа със софтуера вграден в планиращата система за абсолютна стойност на дозата ECLIPS. ArcCheck

близко стоящи критични органи от порядъка на няколко милиметра отстояние от туморното огнище (PTV). Това налага точността на разликата в разстоянията на съвпадение на изчислената идоза с тази която получаваме от измерването да не бъде по-голяма от 1 mm. Групирайки измерванията направени със съответно EPID, и анализирани от софтуера EPIQA и PDIP

Г	3%3mm	2%2mm	3%1mm	5%1mm
F1	100	92.2	88.3	94.8
F2	100	98.8	95.2	97.6
F3	100	95.3	90.5	94.2
F4	98.9	97.6	91.4	96.3
F5	97.4	97.3	91.9	95.8
F6	100	100	93.4	96.1
F7	100	97.4	91.7	96.0

Таблица IV: ССтоности на Точикте преминали съответните критерии за Gama в проценти получени от анализа със софтуера вграден в планиращата система за ОТНОСИТЕЛНА стойност на дозата ECLIPS. ArcCheck

както и измерването направено с ArcCheck можем да обобщим. Резултатите получени от ArcCheck по сравнение по проценти за съответните критерии показват добро съвпадение.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Какво ДА! Ефекти при малки полета : Ефектът на размера на детектора е пропорционален на втората производна на градиента на дозата, но не и на самия градиент [5]. От това следва: При прилагане на нормировка по стойностите от централната ос (СAX) ефект на Обемната зависимост на детектиране (EDGE) в ArcCheck се отразява като: разширяване на 50 % изодоза; Дозата извън полето се надценява; дозата при голяма дълбочина се надценява. При измервания с ArcCheck - разделителната способност е от порядъка на 3.5 mm - разстоянието между два съседни детектора. При ротация на маса 3

градуса. 2D Gama метода е точен при меса с голям градиент на дозата. Резултатът зависи от точността на позициониране. [6]. Приложената ротация на ArcChek има ефект само ако планирането е изоцентрично без асиметрични полета. Приемлив резултат за Gama (брой точки в проценти) по измерване с ArcChek трябва да е $> 90\%$.

Т.к при такъв резултат ще имаме процентно преминли критерия $> 95\%$ ако се направи същото измерване с EPID. Задължително абсолютно измерване с подходяща йонизационна камера. Планиращата система апроксимира факторите на полето ако то е под 3×3 – което може да доведе до неточно изчисляване на MU (мониторни единици).

-
- [1] "Characterization of a Varian aS1000 EPID Courtney Buckley": Xiaoming Chen PhD and Menon and Sloboda, (2010).
- [2] „Terbium-doped gadolinium oxysulfide (Gd₂O₂S:Tb) scintillation-based polymer optical fibre sensor for real time monitoring of radiation dose in oncology“ Author(s): E. Lewis; S. O’Keeffe; M. Grattan; A. Hounsell; D. McCarthy; P. Woulfe; J. Cronin; L. Mihai; D. Sporea; A. Santhanam; N. Agazaryan, Published in SPIE Proceedings Vol. 9141:914113 (15 May 2014); doi: 10.1117/12.2058572
- [3] „Performance of the AS1200 EPID for Periodic Photon Quality Assurance“ - J DeMarco¹, J Moran², M Barnes³, P Greer⁴, G Kim⁵, B Fraass¹, W Yang¹ and E McKenzie Boehnke¹ Med. Phys. 43, 3572 (2016); <http://dx.doi.org/10.1118/1.4956661>
- [4] "The gamma evaluation method as a routine QA procedure of IMRT" Janusz WINIECKI, Tomasz MORGAS, Karolina MAJEWSKA, Barbara DRZEWIECKA :ELSEVIER doi:10.1016/S1507-1367(10)60031-4; 30 March 2010
- [5] „DOSE MEASUREMENTS IN SMALL FIELDS“ MEDICAL PHYSICS INTERNATIONAL Journal, vol.1, No.1, 2013 J.U. Wuerfel PTW-Freiburg, Physikalisch-Technische Werkstätten Dr. Pychlau GmbH, Freiburg, Germany
- [6] „Analysis and evaluation of planned and delivered dose distributions: practical concerns with Gama- and X-Evaluations“ - LJ Schreiner^{1,2}, O Holmes² and G Salomons^{1,2} ¹Cancer Centre of Southeastern Ontario at Kingston General Hospital, 25 King Street West, Kingston, ON, Canada, K7L5P9 ²Department of Physics, Queen’s University, Kingston, Ontario, Canada, K7L3N6
- [7] Dosimetric pre-treatment verification with an electronic portal imaging device: Erik Wåhlin Stockholm University, Faculty of Science, Medical Radiation Physics (together with KI). 2006 (English)